АЛГОРИТМ ОБЪЕДИНЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОДНОМЕРНОЙ ОПТИМАЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ ПОЛУКАУЗАЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Ляшук А. Н.; Жук С. Я., д.т.н., проф.;
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

При построчном формировании однородных изображений широкое распространение получили полукаузальные алгоритмы фильтрации. При этом для формирования оценки в текущей точке изображения по строке используются все полученные данные, а по столбцу только полученные до текущей точки включительно.

Основной трудностью является отсутствие точного решения задачи рекуррентной оптимальной полукаузальной фильтрации изображений, даже для линейной гауссовской модели изображений. Оптимальные фильтры требуют бесконечной памяти и часто являются расходящимися [1]. Поэтому актуальной задачей является разработка практически реализуемых алгоритмов фильтрации, которые в целом учитывают двумерный характер изображения.

В работе [2] предложен подход, основу которого составляет разбиение процедуры оптимальной фильтрации изображения на два этапа. Он основывается на предположении условной независимости вероятностных характеристик изображения по строкам и столбцам. На первом этапе выполняется оптимальная одномерная фильтрация изображения соответственно по строкам и столбцам. На втором производится объединение полученных одномерных оценок в каждой точке изображения. Применение такого подхода позволяет получить лучшие результаты при незначительном увеличении вычислительных затрат по сравнению с результатами одномерной фильтрации изображений только по строкам или столбцам.

Однородное изображение представляется в виде матрицы размерами $N \times M$. Каждый отсчет изображения описывается непрерывным параметром $x(n,m)$, который соответствует значению яркости в точке (n,m), $n = \overline{1,N}$, $m = \overline{1,M}$. Введем векторы $X_{n1} = \left(x(n,1),...,x(n,m-1)\right)$, $X_{n2} = \left(x(n,M),x(n,M-1),...,x(n,m+1)\right)$, $X_{m1} = \left(x(1,m),...,x(n-1,m)\right)$, которые содержат истинные значения яркостей элементов изображения до текущей обрабатываемой точки (n,m) рис.1.

С использованием свойства условной независимости совместная плотность вероятности (ПВ) отсчетов изображения $x(n,m)$ (в дальнейших выкладках аргументы (n,m) опускаем), X_{n1}, X_{n2}, X_{m1} описывается выражением:

$$P(X)=\frac{1}{p^2(x)}P(X_{n1},x)P(X_{m1},x)P(X_{n2},x). \qquad (1)$$

где X — вектор, который включает в себя x, X_{n1}, X_{m1}, X_{n2}

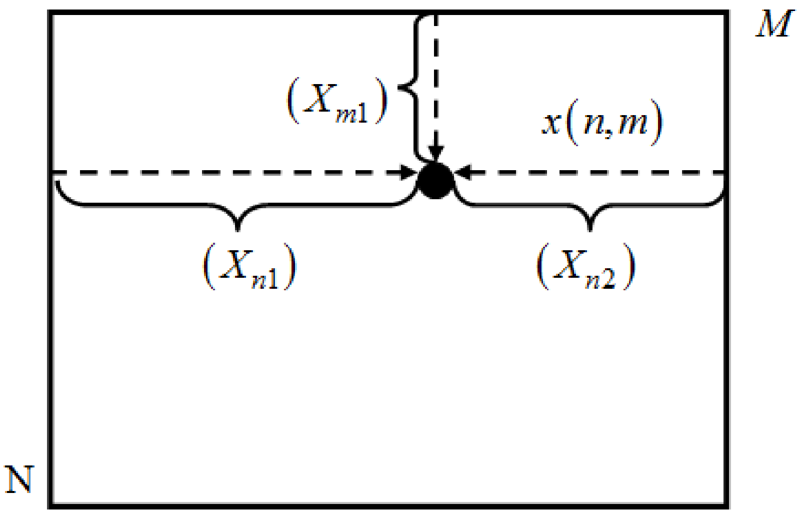

Рисунок 1.

Пусть изображение искажается помехой с независимыми отсчетам, при этом функцию правдоподобия $P(Y|\,X)$ можно записать в виде:

$$\begin{aligned}P(Y|\,X)&=P(y,Y_{n1},Y_{m1},Y_{n2}|\,x,X_{n1},X_{m1},X_{n2})=\\&=P(Y_{n1},y|\,X_{n1},x)P(Y_{m1}|\,X_{m1})P(Y_{n2}|\,X_{n2}),\end{aligned} \qquad (2)$$

На основе формулы Байеса может быть найдено совместное апостериорное распределение $P(X\,|\,Y)$. Применяя теорему умножения вероятностей, а также выполняя интегрирование выражения (2) по X_{n1}, X_{m1}, X_{n2} можно показать, что апостериорная ПВ $p(x|\,Y)$ элемента изображения x описывается выражением в виде:

$$\begin{aligned}p(x|Y)&=\frac{1}{p^2(x)}p(x|Y_{n1},y)\,p(x|Y_{m1})\times\\&\times p(x|Y_{n2})\frac{P(Y_{n1},y)P(Y_{m1})P(Y_{n2})}{P(Y)}.\end{aligned} \qquad (3)$$

Выражение (3) описывает структуру алгоритма двухэтапной фильтрации текстурного изображения при полукаузальной обработке. На первом этапе вычисляются апостериорная ПВ $p(x|Y_{n1},y)$ и экстраполированные ПВ $p(x|Y_{m1})$, $p(x|Y_{n2})$. На втором этапе выполняется расчет апостериорной ПВ $p(x|Y)$ путем объединения распределений $p(x|Y_{n1}, y)$, $p(x|Y_{m1})$, $p(x|Y_{n2})$, $p(x|Y_{m2})$ и априорных ПВ $p(x)$. ПВ $P(Y_{n1}, y)$, $P(Y_{m1})$, $P(Y_{n2})$, $P(Y)$ представляют собой нормирующие множители после поступления соответствующих наблюдений [3].

В алгоритме объединения одномерных оценок (6), в отличии от полученного в [2], для элемента изображения x используются апостериорная ПВ $p(x|Y_{n1}, y)$ и экстраполированные ПВ $p(x|Y_{m1})$, $p(x|Y_{n2})$. При этом отпадает необходимость вычисления одноточечной апостериорной ПВ $p(x/y)$ для каждого элемента изображения при объединении результатов одномерной фильтрации, что сокращает вычислительные затраты.

На основе (3) следуя методике, приведенной в [3], может быть получены квазиоптимальных алгоритмов полукаузальной двухэтапной фильтрации однородных текстурных гауссовских изображений.

Перечень источников

1. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В.А. Сойфера. Изд. 2-е, испр. – М.: Физматлит, 2003 – 780с.

2. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П. Цифровая обработка изображений в информационных системах // Новосибирск: НГТУ. 2002. – С.81–86.

3. Вишневый С.В. Алгоритм объединения результатов одномерной оптимальной фильтрации при обработке изображений / С.В. Вишневый, С.Я. Жук // Вісник НТУУ "КПІ" Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2010. – Вип. 40. – С. 55–60.

Анотація

На основі властивості умовної незалежності імовірнісних характеристик зображення по рядках і стовпцях отриманий алгоритм об'єднання результатів одновимірної оптимальної фільтрації при напівкаузальній обробці однорідних зображень і виконаний його аналіз.

Ключові слова: оптимальна фільтрація, напівкаузальна обробка, однорідні зображення.

Аннотация

На основе свойства условной независимости вероятностных характеристик изображения по строкам и столбцам получен алгоритм объединения результатов одномерной оптимальной фильтрации при полукаузальной обработке однородных изображений и выполнен его анализ.

Ключевые слова: оптимальная фильтрация, полукаузальная обработка, однородные изображения.

Abstract

Based on the properties of conditional independence of probabilistic characteristics of the image in rows and columns an algorithm which combines the results of the one-dimensional optimal half-causal filtration on homogeneous image was developed and analyzed.

Keywords: optimal filtration, half-causal processing, homogeneous images.